

論文の内容の要旨

論文題目	デジタルケーブルテレビシステムの高効率・高品質伝送技術の研究
学 位 申 請 者	倉掛 卓也

ケーブルテレビシステムへの光伝送技術の普及が急速に進むとともに、多チャンネル放送サービスの充実や、より広帯域な4k/8k UHDTV (Ultra High Definition Television) の導入検討が進められるなど、放送サービスの高度化が図られてきている。将来、更に高度化、多様化するシステムを実現するには、デジタルケーブルテレビの大容量化をめざした、伝送技術の高効率化、高品質化に向けた技術検討が必要である。そこで本論文ではケーブル多重放送伝送を行う際の諸問題に対するいくつかの技術検討を行い、ケーブル伝送システムの高効率化・高品質化に対応できることを示している。

第1章ではケーブルテレビシステムの現状と動向がまず示され、今後のサービスの発展を考慮した場合には、デジタルケーブルテレビの大容量化を可能とする伝送技術の高効率化、高品質化の技術開発が必要となることが示される。このためには、チャンネルあたりの伝送容量拡大、総帯域幅の拡大、システム全体の周波数利用効率の改善、光伝送技術導入拡大にあたっての課題（多分岐化、長距離化、光伝送特有の妨害要因への対策、光化できない建物への対応など）の解決、双方向通信での上り伝送容量の拡大、サービス多重の柔軟性の向上、といった課題が示され、これらの課題に対して詳細な検討を行うための本論文の章構成が示される。

第2章ではケーブルテレビのシステム構成およびケーブルテレビシステムで用いられるデジタル伝送方式について、既存技術の概略を解説し、本研究の位置付けを明確にするとともに、以降の章での検討の基礎を与えている。

第3章ではケーブルテレビシステムの幹線系で主流となっているサブキャリア多重 (SCM) 光伝送について、レーザダイオード (LD) への入力信号がLDの閾値でクリップされることによりインパルス状の歪が広い周波数範囲にわたって

発生し、デジタル信号の誤り特性を劣化させる問題に関して検討を行っている。具体的にはインパルス歪の時間軸方向の統計的性質およびそれに影響を与えるパラメータに関して検討し、歪の持続時間を変化させる要因としてVSB-AM信号の映像搬送波の周波数偏差（周波数の規定値からのずれ）に注目して持続時間との関係を明らかにし、インパルス歪の発生を抑えるためのVSB-AM信号の映像搬送波の位相制御法について明らかにしている。

第4章ではチャンネルあたりの伝送容量拡大のためのシングルキャリア1024QAM方式について、既存の64QAMを用いたシステムと後方互換性のある復調方式の考察を行っている。そこでブラインド等化を用いた復調アルゴリズムの提案とそのハードウェア化の可能性を検証し、反射妨害や周波数誤差の許容値については従来の64QAM向けの伝送路規格をそのまま適用できることを示している。変調多値数を増した場合の受信機チューナの位相雑音の影響については、新たに多角形領域判定法を提案し、シンボル判定の方法を工夫することで影響を緩和できることをシミュレーションおよび試作機を用いた伝送実験により示している。

第5章では建物内の既存の同軸ケーブル網を利用しつつ、さらに将来のサービスの多様化、高度化への発展性を考慮して、FTTH (Fiber To The Home) システムからのデジタル信号（例として1Gbps）をできるだけ簡易な変復調器で地上デジタル放送波と多重伝送する手法について検討している。これに周波数利用効率の良いFilter-Bank based Multi-Carrier (FBMC) 変調を用いた方式を提案し、宅内での反射妨害に対する耐性や伝送容量などの要求条件を満たすシステムを実現できることを示す。さらに受信機の低価格化をめざし、入力信号を直接変換受信する際に問題となる直流オフセット妨害の影響を低減するために、簡易な高域通過フィルタ (HPF) と低演算量の信号処理を組合せる手法を提案し、安価な受信機構成で十分な効果が得られることを示す。

第6章では、様々なレート of デジタル放送システムを、ケーブルテレビシステムにおいて簡易にかつ効率的に多重する方法を検討している。ここでは複数のTSをパケット多重することにより、各搬送波に1TSずつ割当てより伝送効率を良くすることができる複数TS伝送方式を提案している。この方式ではTSパケット形式のヘッダを利用してフレーム構成を導入することで、単一のTSの伝送用に用意された伝送路符号化方式、変調方式をそのまま利用できる利点があり、これによりシステムの柔軟性を高めることができることが示されている。

第7章では、本研究の総括を行い、併せてその将来展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 倉掛 卓也

審査委員主査 山尾 泰

委員 唐沢 好男

委員 本城 和彦

委員 小島 年春

委員 藤井 威生

ケーブルテレビシステムへの光伝送技術の普及が急速に進むとともに、多チャンネル放送サービスの充実や、より広帯域な4k/8k UHDTV (Ultra High Definition Television) の導入検討が進められるなど、放送サービスの高度化が図られてきている。将来、更に高度化、多様化するシステムを実現するには、デジタルケーブルテレビの大容量化をめざした、伝送技術の高効率化、高品質化に向けた技術検討が必要である。そこで本論文ではケーブル多重放送伝送を行う際の諸問題に対するいくつかの技術検討を行い、ケーブル伝送システムの高効率化・高品質化に対応できることを示している。

第1章ではケーブルテレビシステムの現状と動向がまず示され、今後のサービスの発展を考慮した場合には、デジタルケーブルテレビの大容量化を可能とする伝送技術の高効率化、高品質化の技術開発が必要となることが示される。このために、チャンネルあたりの伝送容量拡大、総帯域幅の拡大、システム全体の周波数利用効率の改善、光伝送技術導入拡大にあたっての課題（多分岐化、長距離化、光伝送特有の妨害要因への対策、光化できない建物への対応など）の解決、双方向通信での上り伝送容量の拡大、サービス多重の柔軟性の向上、が必要であることが示され、これらの課題に対して詳細な検討を行うための本論文の章構成が示される。

第2章ではケーブルテレビのシステム構成およびケーブルテレビシステムで用いられるデジタル多重伝送方式について、既存技術の概略を解説し、本研究の位置付けを明確にするとともに、以降の章での検討の基礎を与えている。

第3章ではケーブルテレビシステムの幹線系で主流となっているサブキャリア多重 (SCM) 光伝送について、レーザダイオード (LD) への入力信号がLDの閾値でクリップされることによりインパルス状の歪が広い周波数範囲にわたって発生し

デジタル信号の誤り特性を劣化させる問題に関して検討を行っている。具体的にはインパルス歪の時間軸方向の統計的性質およびそれに影響を与えるパラメータに関して検討し、歪の持続時間を変化させる要因としてVSB-AM信号の映像搬送波の周波数偏差（周波数の規定値からのずれ）に注目して持続時間との関係を明らかにし、インパルス歪の発生を抑えるためのVSB-AM信号の映像搬送波の位相制御法について明らかにしている。

第4章ではチャンネルあたりの伝送容量拡大のためのシングルキャリア1024QAM方式について、既存の64QAMを用いたシステムと後方互換性のある復調方式の考察を行っている。そこではブラインド等化を用いた復調アルゴリズムの提案とそのハードウェア化の可能性を検証し、反射妨害や周波数誤差の許容値については従来の64QAM向けの伝送路規格をそのまま適用できることを示している。変調多値数を増した場合の受信機チューナの位相雑音の影響については、新たに多角形領域判定法を提案し、シンボル判定の方法を工夫することで影響を緩和できることをシミュレーションおよび試作機を用いた伝送実験により示している。

第5章では建物内の既存の同軸ケーブル網を利用しつつ、さらに将来のサービスの多様化、高度化への発展性を考慮して、FTTH (Fiber To The Home) システムからのデジタル信号（例として1Gbps）をできるだけ簡易な変復調器で地上デジタル放送波と周波数分割多重伝送する手法について検討している。これに周波数利用効率の良いFilter-Bank based Multi-Carrier (FBMC) 変調を用いた方式を提案し、宅内での反射妨害に対する耐性や伝送容量などの要求条件を満たすシステムを実現できることを示す。さらに受信機の低価格化をめざし、入力信号を直接変換受信する際に問題となる直流オフセット妨害の影響を低減するために、簡易な高域通過フィルタ (HPF) と低演算量の信号処理を組合せる手法を提案し、安価な受信機構成で十分な性能が得られることを示している。

第6章では、様々なレート of デジタル放送システムを、ケーブルテレビシステムにおいて簡易にかつ効率的に多重する方法を検討している。ここでは複数のTSをパケット多重することにより、各搬送波に1TSずつ割当てより伝送効率を良くすることができる複数TS伝送方式を提案している。この方式ではTSパケット形式のヘッダを利用してフレーム構成を導入することで、単一のTSの伝送用に用意された伝送路符号化方式、変調方式をそのまま利用できる利点があり、これによりシステムの柔軟性を高めることができることが示されている。

第7章では、本研究の総括を行い、併せてその将来展望について述べている。

以上の論文を総括すると、本研究ではケーブル伝送システムの高効率化・高品質化に伴う課題に関する詳細な解析と効果的な改善法の提案を含む有用な技術の研究がなされており、学術的価値が高く、かつ論文の構成も適切で明瞭である。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認める。